

Verschleißschuttschicht, Bauteil mit einer derartigen Verschleißschuttschicht sowie Herstellverfahren

Die Erfindung betrifft eine Verschleißschuttschicht, insbesondere eine Erosionsschuttschicht für Gasturbinenbauteile, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Bauteil mit einer derartigen Verschleißschuttschicht gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 11 und ein Verfahren zur Herstellung einer Verschleißschuttschicht gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 13.

Strömungsmechanisch belastete Bauteile, wie Gasturbinenbauteile, unterliegen einem Verschleiß infolge von Oxidation, Korrosion und Erosion. Bei der Erosion handelt es sich um einen Verschleißvorgang, der durch in der Gasströmung mitbewegte feste Stoffe hervorgerufen wird. Um die Lebensdauer von strömungsmechanisch belasteten Bauteilen zu verlängern, sind Verschleißschuttschichten erforderlich, welche die Bauteile vor Verschleiß schützen, insbesondere gegen Erosion, Korrosion und Oxidation.

Aus der DE 198 59 477 A1 ist eine Verschleißschuttschicht für strömungsmechanisch beanspruchte Bauteile bekannt. Die dort offenbarte Verschleißschuttschicht besteht im Wesentlichen aus amorphen oder amorph-nanokristallinen Metallen, insbesondere aus einer Legierung auf Nickel-Wolfram-Basis.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, eine neuartige Verschleißschuttschicht insbesondere für Gasturbinenbauteile sowie ein Bauteil mit einer derartigen Verschleißschuttschicht und ein entsprechendes Herstellungsverfahren zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass die Eingangs genannte Verschleißschuttschicht durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Die erfindungsgemäße Verschleißschuttschicht verfügt über einen zumindest zweisehichtigen Aufbau, wobei eine erste Schicht auf der zu schützenden Oberfläche des Bauteils aufgebracht ist und über eine an die Materialzusammensetzung des Bauteils angepasste Materialzusammensetzung verfügt, und wobei eine zweite Schicht eine äußere Deckschicht bildet.

Die erste Schicht ist vorzugsweise als poröse, relativ weiche Schicht mit Dämpfungseigenschaften ausgebildet, wohingegen die zweite Schicht als relativ harte Schicht ausgebildet ist. Die äußere, zweite Schicht bewirkt den eigentlichen Erosionsschutz. Die darunter liegende, dämpfende erste Schicht kann beim Einschlag von Partikeln Energie absorbieren und so eine Rissbildung im zu schützenden Bauteil verhindern.

Das erfindungsgemäße Bauteil ist im unabhängigen Patentanspruch 11 und das erfindungsgemäße Verfahren ist im unabhängigen Patentanspruch 13 definiert.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: eine stark schematisierte Darstellung einer Schaufel einer Gasturbine, die eine erfindungsgemäße Verschleißschuttschicht aufweist, und

Fig. 2: einen stark schematisierten Querschnitt durch die erfindungsgemäße Verschleißschuttschicht.

Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Figuren 1 und 2 in größerem Detail erläutert. Fig. 1 zeigt eine Schaufel einer Gasturbine in perspektivischer Ansicht, die eine erfindungsgemäße Verschleißschuttschicht trägt. Fig. 2 zeigt einen schematisierten Querschnitt durch die Schaufel und die Verschleißschuttschicht.

Fig. 1 zeigt eine Schaufel 10 einer Gasturbine mit einem Schaufelblatt 11 und einem Schaufelfuß 12. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist die gesamte Schaufel 10, nämlich eine zu schützende Oberfläche derselben, mit einer Verschleißschuttschicht 13 beschichtet. Obwohl im gezeigten Ausführungsbeispiel die komplette Schaufel 10 mit der Verschleißschuttschicht 13 beschichtet ist, ist es auch möglich, dass die Schaufel 10 nur abschnittsweise, also nur im Bereich des Schaufelblatts 11 oder im Bereich des Schaufelfußes 12, die Verschleißschuttschicht 13 aufweist. Auch können andere Gasturbinenbauteile wie zum Beispiel integral beschaufelte Rotoren mit der Verschleißschuttschicht 13 beschichtet sein.

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch die Schaufel 10 im Bereich des Schaufelblatts 11, wobei auf eine Oberfläche 14 des Schaufelblatts 11 die Verschleißschuttschicht 13 aufgebracht ist. Im Sinne der Erfindung ist die Verschleißschuttschicht 13, die im gezeigten Ausführungsbeispiel eine Erosionsschutzschicht bildet, zumindest zweischichtig bzw. zweilagig aufgebaut. Im konkreten Ausführungsbeispiel der Fig. 2 umfasst die Verschleißschuttschicht 13 zwei Schichten. Eine erste Schicht 15 ist unmittelbar auf die Oberfläche 14 des Schaufelblatts 11 aufgebracht. Eine zweite Schicht 16 bildet eine äußere Deckschicht der Verschleißschuttschicht 13 und ist unmittelbar auf die erste Schicht 15 aufgebracht.

Es liegt nun im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, die erste Schicht 15 aus einem Material bzw. einem Werkstoff herzustellen, der an die Materialzusammensetzung des zu beschichtenden Bauteils, im gezeigten Ausführungsbeispiel an die Materialzusammensetzung der Schaufel 10 bzw. des Schaufelblatts 11, angepasst ist. Besteht das zu beschichtende Bauteil, nämlich das Schaufelblatt 11, aus einer Titanlegierung, so ist die erste Schicht 15 der Verschleißschuttschicht 13 ebenfalls aus einer Titanlegierung gebildet. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Schaufelblatt aus einem Titan-Aluminium-Material bzw. einem Titan-Aluminium-Werkstoff gebildet und die erste Schicht 15 der Verschleißschuttschicht 13 besteht ebenfalls aus einem Titan-Aluminium-Werkstoff. Die erste Schicht 15 der Verschleißschuttschicht 13 ist jedoch gegenüber dem zu beschichtenden Bauteil, nämlich dem zu beschichtenden Schaufelblatt 11, porös und relativ weich ausgebildet. In Fig. 2 sind Poren 17 innerhalb der

ersten Schicht 15 der Verschleißschuttschicht 13 stark schematisiert dargestellt. Die poröse sowie relativ weiche erste Schicht 15 verfügt über dämpfende Eigenschaften.

Die auf die erste Schicht 15 aufgebrachte zweite Schicht 16 ist im Vergleich zur ersten Schicht 15 sowie im Vergleich zum zu beschichtenden Bauteil, nämlich zum zu beschichtenden Schaufelblatt 11, relativ hart ausgebildet. Bei einem Bauteil aus einem Titan-Aluminium-Werkstoff und einer ersten Schicht aus einem porösen Titan-Aluminium-Werkstoff ist die zweite Schicht 16 der Verschleißschuttschicht 13 vorzugsweise aus einem Titan-Nitrid-Werkstoff, einem Aluminium-Nitrid-Werkstoff oder einem Titan-Aluminium-Nitrid-Werkstoff hergestellt.

Die zweite Schicht 16, welche die Deckschicht der Verschleißschuttschicht 13 bildet, ist gegenüber der ersten Schicht 15 relativ dünn ausgebildet. Die äußere, zweite Schicht 16 verfügt vorzugsweise über eine Dicke von weniger als 0,1 mm. Die innenliegende erste Schicht 15 verfügt über eine Dicke von bis zu 1 mm.

Die relativ harte, äußere zweite Schicht 16 stellt den eigentlichen Erosionsschutz der Verschleißschuttschicht 13 bereit. Die zweite Schicht 16 schützt das Schaufelblatt 11 vor Erosion durch feine Partikel. Die darunter liegende, erste Schicht 15, die porös und relativ weich ausgebildet ist, verfügt über Dämpfungseigenschaften, so dass bei einem Einschlag von größeren Partikeln auf die Verschleißschuttschicht 13 von derselben Energie absorbiert werden kann. Die feinen, runden und mikroskopisch kleinen Poren 17 innerhalb der ersten Schicht 15 der Verschleißschuttschicht 13 verhindern, dass sich beim Einschlag größerer Partikel ein Riss von der relativ harten, äußeren Schicht 16 in das zu schützende Bauteil, nämlich das zu schützende Schaufelblatt 11 fortsetzen kann. Insofern stellt die erfindungsgemäße Verschleißschuttschicht 13 einen effektiven Schutz vor Erosionsverschleiß dar.

Dadurch, dass die erste Schicht 15 der Verschleißschuttschicht 13 aus einem ähnlichen oder dem gleichen Material besteht wie das zu schützende Bauteil, werden thermisch bedingte Eigenspannungen oder Diffusionsprobleme am zu schützenden

Bauteil vermieden. Die Verschleißschuttschicht 13 kann damit sicher und dauerhaft auf das zu schützende Bauteil aufgebracht werden.

Die erfindungsgemäße Verschleißschuttschicht 13 wird schichtweise auf das zu schützende Bauteil aufgetragen. Auf das zu schützende Bauteil, welches eine Bauteil-Materialzusammensetzung aufweist, wird zuerst die erste Schicht 15 und darauffolgend und die zweite Schicht 16 der Verschleißschuttschicht 13 aufgetragen. Wie bereits erwähnt, fügt die erste Schicht 15 der Verschleißschuttschicht 13 über eine an die Bauteil-Materialzusammensetzung angepasste Materialzusammensetzung und ist als poröse Schicht ausgebildet.

Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wird die erste Schicht 15 der Verschleißschuttschicht 13 über einen gerichteten, atomaren oder nanoskaligen Teilchenstrahl bzw. Materiedampfstrahl auf die zu schützende Oberfläche des Bauteils aufgetragen. Hierzu dient insbesondere ein PVD-Verfahren (Physical Vapor Deposition). Kurz vor dem Auftreffen des gerichteten Materiedampfstrahls werden in den Materiedampfstrahl Zusatzstoffe eingelagert, die beim nachfolgenden Aushärten der ersten Schicht 15 verdampfen und dabei die Poren 17 hinterlassen. Die Zusatzstoffe sind vorzugsweise als Fullerene ausgebildet. Anstelle der Fullerene können jedoch auch andere Zusatzstoffe verwendet werden, die beim Aushärten bzw. Einbrennen der ersten Schicht 15 verdampfen und die Poren 17 hinterlassen.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die erste Schicht 15 auch mithilfe eines Schlickerverfahrens auf die zu schützende Oberfläche des Bauteils aufgebracht werden kann. In diesem Fall wird ein Schlickerwerkstoff, dessen Zusammensetzung an die Materialzusammensetzung des zu schützenden Bauteils angepasst ist, durch Pinseln, Tauchen oder Spritzen auf das zu schützende Bauteil aufgetragen. In diesen Schlickerwerkstoff sind wiederum Zusatzstoffe eingelagert, die beim Aushärten der ersten Schicht verdampfen und die Poren hinterlassen.

Anschließend wird auf die erste Schicht 15 die zweite Schicht 16 aufgetragen. Im gezeigten Ausführungsbeispiel, in welchem die Verschleißschuttschicht 13 zweilagig

ausgebildet ist, wird die zweite Schicht 16 unmittelbar auf die erste Schicht 15 aufgetragen. Dies erfolgt vorzugsweise durch Aufdampfen, Nitrieren, Aluminisieren oder Oxidieren.

Patentansprüche

1. Verschleißschuttschicht, insbesondere Erosionsschuttschicht für Gasturbinenbauteile, die auf eine zu schützende Oberfläche (14) eines strömungsmechanisch beanspruchten Bauteils (10) aufgebracht ist, **gekennzeichnet durch** einen zumindest zweischichtigen Aufbau, wobei eine erste Schicht (15) auf der zu schützenden Oberfläche (14) des Bauteils (10) aufgebracht ist und über eine an die Materialzusammensetzung des Bauteils (10) angepasste Materialzusammensetzung verfügt, und wobei eine zweite Schicht (16) eine äußere Deckschicht bildet.
2. Verschleißschuttschicht nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) der Verschleißschuttschicht (13) aus dem gleichen oder einem ähnlichen Material besteht wie das Bauteil (10).
3. Verschleißschuttschicht nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) porös und relativ weich ausgebildet ist.
4. Verschleißschuttschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) dämpfende Eigenschaften aufweist.
5. Verschleißschuttschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) unmittelbar auf die zu schützenden Oberfläche (14) des Bauteils (10) aufgebracht ist.
6. Verschleißschuttschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil (10) aus einer Titanlegierung und die erste Schicht (15) aus einer porösen Titanlegierung besteht, wobei das Bauteil (10) insbesondere als Schaufel einer Gasturbine ausgebildet ist.
7. Verschleißschuttschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil (10) aus einem Titan-Aluminium-

Werkstoff und die erste Schicht (15) aus einem porösen Titan-Aluminium-Werkstoff besteht.

8. Verschleißschuttschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Schicht (16) der Verschleißschuttschicht relativ hart ausgebildet ist.
9. Verschleißschuttschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieselbe zweischichtig ausgebildet ist, wobei die zweite Schicht (16) unmittelbar auf die erste Schicht (15) aufgebracht ist.
10. Verschleißschuttschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Schicht (16) aus einem Titan-Nitrid-Werkstoff, einem Aluminium-Nitrid-Werkstoff oder einem Titan-Aluminium-Nitrid-Werkstoff besteht.
11. Bauteil, insbesondere Gasturbinenbauteil, mit einer Verschleißschuttschicht (13), insbesondere mit einer Erosionsschuttschicht, die auf eine zu schützende Oberfläche (14) des strömungsmechanisch beanspruchten Bauteils (10) aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschleißschuttschicht (13) einen zumindest zweischichtigen Aufbau aufweist, wobei eine erste Schicht (15) auf der zu schützenden Oberfläche (14) des Bauteils (10) aufgebracht ist und über eine an die Materialzusammensetzung des Bauteils (10) angepasste Materialzusammensetzung verfügt, und wobei eine zweite Schicht (16) eine äußere Deckschicht bildet.
12. Bauteil nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschleißschuttschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 10 ausgebildet ist.
13. Verfahren zur Herstellung einer Verschleißschuttschicht (13), insbesondere einer Erosionsschuttschicht für Gasturbinenbauteile, die auf eine zu schüt-

zende Oberfläche (14) eines strömungsmechanisch beanspruchten Bauteils (10) aufgebracht wird, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

- a) Bereitstellen des Bauteils (10) bestehend aus einer Bauteil-Materialzusammensetzung,
- b) Aufbringen der Verschleißschuttschicht (13) auf die zu schützende Oberfläche (14) des Bauteils (10), wobei die Verschleißschuttschicht (13) einen zumindest zweischichtigen Aufbau aufweist, wobei eine erste Schicht (15) auf der zu schützenden Oberfläche (14) des Bauteils (10) aufgebracht wird und über eine an die Bauteil-Materialzusammensetzung angepasste Materialzusammensetzung verfügt, und wobei eine zweite Schicht (16) eine äußere Deckschicht bildet.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) unmittelbar auf die zu schützende Oberfläche (14) des Bauteils (10) als poröse Schicht aufgebracht wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in das Material der ersten Schicht (15) Zusatzstoffe eingelagert werden, wobei diese Zusatzstoffe verdampft werden und dabei Poren (17) innerhalb der ersten Schicht (15) hinterlassen.
16. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) der Verschleißschuttschicht als Schlickerwerkstoff durch Pinseln, Tauchen oder Spritzen aufgetragen und anschließend vorzugsweise durch Einbrennen oder durch Alitieren ausgehärtet wird.
17. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (15) der Verschleißschuttschicht mit Hilfe eines gerichteten Materiedampfstrahls, insbesondere eines PVD-Materiestrahls, aufgetragen wird.

18. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Schicht (16) durch Aufdampfen oder durch Nitrieren oder durch Oxidieren oder durch Alitieren hergestellt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Schicht (16) unmittelbar auf die erste Schicht (15) aufgetragen wird.

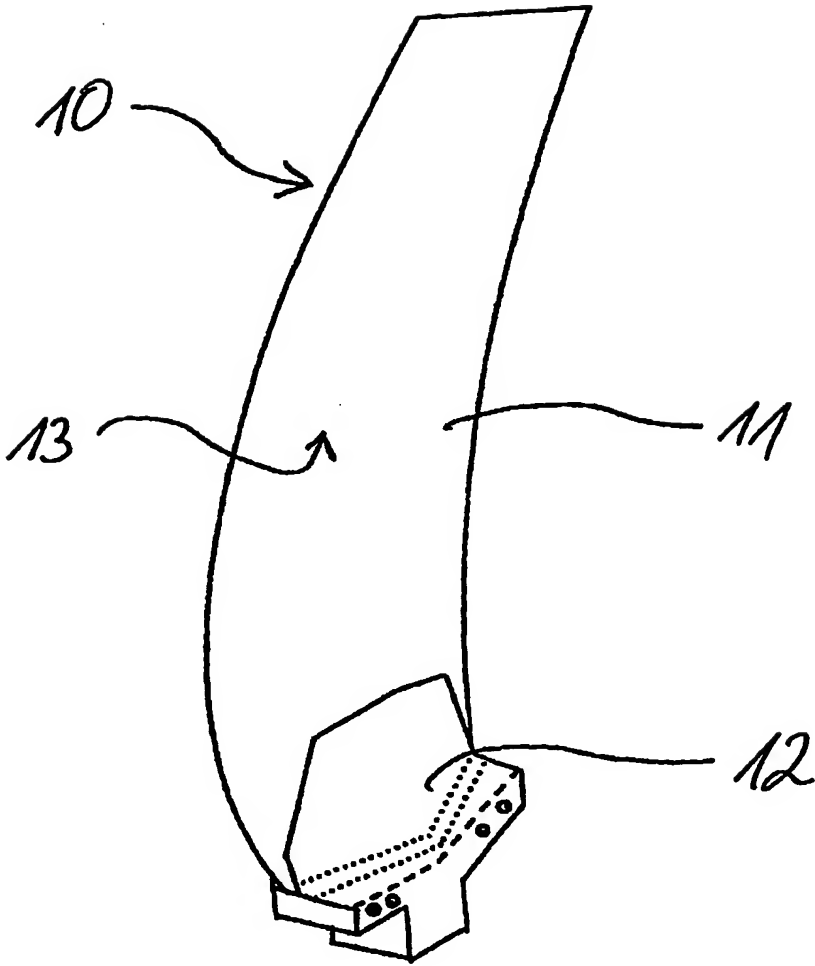


FIG. 1

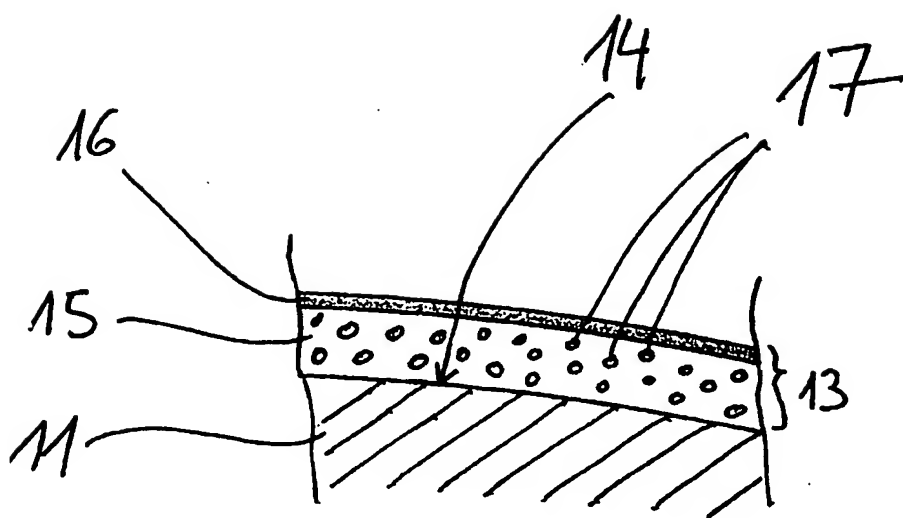


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
DE2004/001882

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 C23C28/00 C23C8/02 C23C14/58 F01D5/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 C23C F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 783 315 A (JON C. SCHAEFFER) 21 July 1998 (1998-07-21) column 1, line 65 - column 2, line 12; claims 1,2,4,5,11,12	1,2,5-9, 11-14, 16-19
X	US 5 975 912 A (FOSTER ROBERT F ET AL) 2 November 1999 (1999-11-02) column 15, line 43 - line 44; claims 1,3	1,2,5,6, 8-14, 17-19
X	US 5 776 266 A (TOBIN ALBERT G) 7 July 1998 (1998-07-07) column 1, line 9 - line 28 column 3, line 14 - line 35; claims 1-5,7,8	1,2,5-9, 11-14, 17-19
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Δ* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 January 2005

Date of mailing of the international search report

25/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Elsen, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

DE2004/001882

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 935 193 A (GRUNKE RICHARD ET AL) 19 June 1990 (1990-06-19) claim 1 -----	1,5,8,9, 11-13, 17-19
X	US 3 758 233 A (NEWMAN R ET AL) 11 September 1973 (1973-09-11) column 1, line 5 - line 36; claims 1,4 -----	1,2,4-9, 11-14,16
X	US 5 413 871 A (NELSON WARREN A ET AL) 9 May 1995 (1995-05-09) claims 1,8,5 -----	1,5,8,9, 11-13, 16-19
X	US 3 951 612 A (GATES JOHN E ET AL) 20 April 1976 (1976-04-20) column 3, line 61 - column 4, line 8; claims 1,2 -----	1,2,4-9, 11-13, 16,17 3
X	EP 0 289 173 A (BRITISH PETROLEUM CO PLC) 2 November 1988 (1988-11-02) page 2, line 39 page 2, line 52 - page 3, line 7; claims 1,3,5,6 -----	1,2,5, 8-13, 17-19
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 505 (M-1194), 20 December 1991 (1991-12-20) & JP 03 221441 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 30 September 1991 (1991-09-30) abstract -----	1,3-5,8, 9,11-14, 16,18,19
A	US 4 917 960 A (HORNBERGER DENNIS A ET AL) 17 April 1990 (1990-04-17) abstract -----	15

Box II.2

The current claims 1, 11 and 13 relate to an inordinately large number of possible products/methods, of which only a small proportion are supported by the description (PCT Article 6) and/or can be regarded as having been disclosed in the application (PCT Article 5). In the present case the claims lack the proper support and the application lacks the requisite disclosure to such an extent that it does not appear possible to carry out a meaningful search covering the entire range of protection sought. The search was therefore directed to the parts of the claims that appear to be supported and disclosed in the above sense.

The applicant is advised that claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established cannot normally be the subject of an international preliminary examination (PCT Rule 66.1(e)). In its capacity as International Preliminary Examining Authority the EPO generally will not carry out a preliminary examination for subjects that have not been searched. This also applies to cases where the claims were amended after receipt of the international search report (PCT Article 19) or where the applicant submits new claims in the course of the procedure under PCT Chapter II. After entry into the regional phase before the EPO, however, an additional search can be carried out in the course of the examination (cf. EPO Guidelines, C-VI, 8.5) if the defects that led to the declaration under PCT Article 17(2) have been remedied.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

See supplemental sheet PCT/ISA 210

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE2004/001882

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5783315	A	21-07-1998	NONE	
US 5975912	A	02-11-1999	AU 2238595 A CA 2191458 A1 DE 69506865 D1 DE 69506865 T2 EP 0763146 A1 JP 10501100 T JP 3404536 B2 WO 9533865 A1 US 6221770 B1	04-01-1996 14-12-1995 04-02-1999 27-05-1999 19-03-1997 27-01-1998 12-05-2003 14-12-1995 24-04-2001
US 5776266	A	07-07-1998	US 5672436 A	30-09-1997
US 4935193	A	19-06-1990	DE 3742944 C1 FR 2624883 A1 GB 2213840 A ,B IT 1227670 B	27-10-1988 23-06-1989 23-08-1989 23-04-1991
US 3758233	A	11-09-1973	GB 1369558 A	09-10-1974
US 5413871	A	09-05-1995	NONE	
US 3951612	A	20-04-1976	NONE	
EP 0289173	A	02-11-1988	AU 1522188 A EP 0289173 A1 JP 1139754 A	03-11-1988 02-11-1988 01-06-1989
JP 03221441	A	30-09-1991	NONE	
US 4917960	A	17-04-1990	US 4617056 A AT 137524 T CA 1330465 C DE 3751790 D1 DE 3751790 T2 EP 0264338 A2 JP 63197572 A AT 92541 T CA 1233956 A1 DE 3486193 D1 DE 3486193 T2 EP 0150650 A2 JP 1793226 C JP 4082031 B JP 60211059 A US 4659613 A US 4724172 A	14-10-1986 15-05-1996 28-06-1994 05-06-1996 23-01-1997 20-04-1988 16-08-1988 15-08-1993 15-03-1988 09-09-1993 18-11-1993 07-08-1985 14-10-1993 25-12-1992 23-10-1985 21-04-1987 09-02-1988

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2004/001882

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 C23C28/00 C23C8/02 C23C14/58 F01D5/28

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 C23C F01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 783 315 A (JON C. SCHAEFFER) 21. Juli 1998 (1998-07-21) Spalte 1, Zeile 65 - Spalte 2, Zeile 12; Ansprüche 1,2,4,5,11,12	1,2,5-9, 11-14, 16-19
X	US 5 975 912 A (FOSTER ROBERT F ET AL) 2. November 1999 (1999-11-02) Spalte 15, Zeile 43 - Zeile 44; Ansprüche 1,3	1,2,5,6, 8-14, 17-19
X	US 5 776 266 A (TOBIN ALBERT G) 7. Juli 1998 (1998-07-07) Spalte 1, Zeile 9 - Zeile 28 Spalte 3, Zeile 14 - Zeile 35; Ansprüche 1-5,7,8	1,2,5-9, 11-14, 17-19

-/--

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Januar 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/01/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Elsen, D

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2004/001882

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 935 193 A (GRUNKE RICHARD ET AL) 19. Juni 1990 (1990-06-19) Anspruch 1 -----	1,5,8,9, 11-13, 17-19
X	US 3 758 233 A (NEWMAN R ET AL) 11. September 1973 (1973-09-11) Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 36; Ansprüche 1,4 -----	1,2,4-9, 11-14,16
X	US 5 413 871 A (NELSON WARREN A ET AL) 9. Mai 1995 (1995-05-09) Ansprüche 1,8,5 -----	1,5,8,9, 11-13, 16-19
X	US 3 951 612 A (GATES JOHN E ET AL) 20. April 1976 (1976-04-20) Spalte 3, Zeile 61 - Spalte 4, Zeile 8; Ansprüche 1,2 -----	1,2,4-9, 11-13, 16,17 3
X	EP 0 289 173 A (BRITISH PETROLEUM CO PLC) 2. November 1988 (1988-11-02) Seite 2, Zeile 39 Seite 2, Zeile 52 - Seite 3, Zeile 7; Ansprüche 1,3,5,6 -----	1,2,5, 8-13, 17-19
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 015, Nr. 505 (M-1194), 20. Dezember 1991 (1991-12-20) & JP 03 221441 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 30. September 1991 (1991-09-30) Zusammenfassung -----	1,3-5,8, 9,11-14, 16,18,19
A	US 4 917 960 A (HORNBERGER DENNIS A ET AL) 17. April 1990 (1990-04-17) Zusammenfassung -----	15

Fortsetzung von Feld II.2

Ansprüche Nr.:

Die geltenden Patentansprüche 1,11,13 beziehen sich auf eine unverhältnismässig grosse Zahl möglicher Produkte/ Verfahren, von denen sich nur ein kleiner Anteil im Sinne von Artikels 6 PCT auf die Beschreibung stützen und/oder als im Sinne von Artikels 5 PCT in der Patentanmeldung offenbart gelten kann. Im vorliegenden Fall fehlt den Patentansprüchen die entsprechende Stütze und fehlt der Patentanmeldung die nötige Offenbarung in einem solchen Masse, dass eine sinnvolle Recherche über den gesamten erstrebten Schutzbereich unmöglich erscheint. Daher wurde die Recherche auf die Teile der Patentansprüche gerichtet, welche im o.a. Sinne als gestützt und offenbart erscheinen.

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, dass Patentansprüche auf Erfindungen, für die kein internationaler Recherchenbericht erstellt wurde, normalerweise nicht Gegenstand einer internationalen vorläufigen Prüfung sein können (Regel 66.1(e) PCT). In seiner Eigenschaft als mit, der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde wird das EPA also in der Regel keine vorläufige Prüfung für Gegenstände durchführen, zu denen keine Recherche vorliegt. Dies gilt auch für den Fall, dass die Patentansprüche nach Erhalt des internationalen Recherchenberichtes geändert wurden (Art. 19 PCT), oder für den Fall, dass der Anmelder im Zuge des Verfahrens gemäss Kapitel II PCT neue Patentanprüche vorlegt. Nach Eintritt in die regionale Phase vor dem EPA kann jedoch im Zuge der Prüfung eine weitere Recherche durchgeführt werden (Vgl. EPA-Richtlinien C-VI, 8.5), sollten die Mängel behoben sein, die zu der Erklärung gemäss Art. 17 (2) PCT geführt haben.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2004/001882

Feld II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
2. ☒ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
siehe BEIBLATT PCT/ISA/210
3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001882

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5783315	A	21-07-1998	KEINE
US 5975912	A	02-11-1999	AU 2238595 A 04-01-1996 CA 2191458 A1 14-12-1995 DE 69506865 D1 04-02-1999 DE 69506865 T2 27-05-1999 EP 0763146 A1 19-03-1997 JP 10501100 T 27-01-1998 JP 3404536 B2 12-05-2003 WO 9533865 A1 14-12-1995 US 6221770 B1 24-04-2001
US 5776266	A	07-07-1998	US 5672436 A 30-09-1997
US 4935193	A	19-06-1990	DE 3742944 C1 27-10-1988 FR 2624883 A1 23-06-1989 GB 2213840 A , B 23-08-1989 IT 1227670 B 23-04-1991
US 3758233	A	11-09-1973	GB 1369558 A 09-10-1974
US 5413871	A	09-05-1995	KEINE
US 3951612	A	20-04-1976	KEINE
EP 0289173	A	02-11-1988	AU 1522188 A 03-11-1988 EP 0289173 A1 02-11-1988 JP 1139754 A 01-06-1989
JP 03221441	A	30-09-1991	KEINE
US 4917960	A	17-04-1990	US 4617056 A 14-10-1986 AT 137524 T 15-05-1996 CA 1330465 C 28-06-1994 DE 3751790 D1 05-06-1996 DE 3751790 T2 23-01-1997 EP 0264338 A2 20-04-1988 JP 63197572 A 16-08-1988 AT 92541 T 15-08-1993 CA 1233956 A1 15-03-1988 DE 3486193 D1 09-09-1993 DE 3486193 T2 18-11-1993 EP 0150650 A2 07-08-1985 JP 1793226 C 14-10-1993 JP 4082031 B 25-12-1992 JP 60211059 A 23-10-1985 US 4659613 A 21-04-1987 US 4724172 A 09-02-1988

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.